

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Выборнов В.Г., Саченков А.А., Якушев Р.С.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Методическое пособие

Казань 2010

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Лабораторные работы проводятся параллельно с теоретическим курсом, согласно учебной программе.
2. Прохождение лабораторного практикума обязательно для каждого студента.
3. Лабораторные работы проводятся под руководством преподавателя. Проведение занятия в отсутствие преподавателя не допускается.
4. К лабораторным работам студенты допускаются после опроса по содержанию предстоящего эксперимента.
5. Перед началом каждого лабораторного занятия преподаватель дает необходимые объяснения по работе, после чего студенты самостоятельно выполняют работы под наблюдением преподавателя.
6. При проведении лабораторных работ студенты обязаны вести тщательные записи наблюдений и оформлять журнал лабораторных работ. Необходимые расчеты и обработка экспериментальных данных производится в черновиках.
7. По лабораторным работам каждым студентом составляется письменный отчет по установленной форме.
8. Для получения зачета по лабораторной работе отчет подлежит защите. При защите отчетов студент должен показать знание основ теории, понимание физической сущности изучаемых явлений, знакомство с постановкой лабораторных работ.
9. Студенты обязаны бережно обращаться с машинами, лабораторным оборудованием, приборами, испытываемыми образцами и соблюдать чистоту в помещении.
10. Перед началом выполнения лабораторных работ студенты обязаны ознакомиться с инструкцией по технике безопасности

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

1. Запрещается без разрешения преподавателя включать и выключать испытательные машины, приборы, лабораторные установки и производить на них работу.
2. При проведении лабораторных работ нельзя находиться в непосредственной близости от движущихся частей машины.
3. При работе на машинах и установках нельзя прикасаться к токоведущим частям, а также электрощитам и электрорубильнику.
4. При испытании на ударную вязкость материалов нельзя находиться в зоне движения маятника.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИСПЫТАНИЕ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ НА РАСТЯЖЕНИЕ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучение методики подготовки и проведения испытания на растяжение и техники определения механических характеристик материала.
2. Изучение поведения материала при растяжении.
3. Получение условной диаграммы растяжения стального образца.
4. Определение механических характеристик стали $\sigma_{\text{пц}}$, σ_y , σ_T , $\sigma_{\text{пч}}$, σ_p и характеристик пластичности δ , ψ .

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Размеры образца:

	до опыта	после опыта
диаметр	$d_0 =$	$d_1 =$
рабочая длина	$l_0 =$	$l_1 =$
площадь сечения	$F_0 =$	$F_1 =$

2. Установить ожидаемую предельную разрушающую нагрузку с целью определения диапазона настройки испытательной машины

$$P_{\text{пч}}^{\text{ожд}} = \sigma_{\text{пч}} * F_0$$

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

Перед испытанием расчетная длина образца делится на делительной машине на равные части шагом в 5 мм. После этого образец устанавливается в захваты разрывной испытательной машины и подвергается деформации растяжения до разрыва.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

В результате проведения испытания на растяжение получаем машинную диаграмму растяжения в осях $P - \Delta l$ и по силоизмерителю разрывной машины замеряем значения $P_{\text{пч}}$, P_T , P_p . По характеристикам P и Δl устанавливаем масштаб по осям координат машинной диаграммы и строим условную диаграмму растяжения в осях $\sigma - \epsilon$ с указанием масштаба по осям " σ " и " ϵ ".

По машинной диаграмме определяются значения нагрузок, соответствующих пределу пропорциональности - $P_{\text{пц}}$, пределу текучести - P_T , пределу прочности - $P_{\text{пч}}$, пределу разрыва - P_p . По результатам обмера образца находим:

$$\Delta l = l_1 - l_0$$

$$\Delta F = F_0 - F_1$$

Результаты опыта.

Механические характеристики стали:

Предел пропорциональности	$\sigma_{\text{пц}} = P_{\text{пц}} / F_0 =$
Предел текучести	$\sigma_T = P_T / F_0 =$

Предел прочности
Предел разрыва

$$\sigma_{пч} = P_{пч} / F_0 =$$
$$\sigma_p = P_p / F_0 =$$

Характеристики пластичности:

Относительное остаточное удлинение

$$\delta = (\Delta l / l_0) * 100\% =$$

Относительное остаточное сужение

$$\psi = ((F_0 - F_1) / F_0) * 100\% =$$

Используя рекомендованную литературу, необходимо изучить физический смысл следующих понятий:

- модуль упругости E ;
- условный предел пропорциональности;
- условный предел текучести;
- нормальный и пропорциональный образец;
- метод пересчета места разрыва;
- закон разгрузки в пластической области.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СЖАТИЕ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Сравнительное изучение процесса сжатия пластичных, хрупких, изотропных и анизотропных материалов.
2. Получение для ряда образцов диаграммы сжатия.
3. Определение пределов прочности на сжатие и объяснение характера разрушения образцов при сжатии.
4. Установление влияния сил трения на торцах на предел прочности и характер разрушения.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Испытываемые материалы:
- Пластичный: свинец, медь;
- Хрупкий: чугун, цементный кубик;
- Анизотропный: дерево вдоль и поперек волокон.

Испытательные машины:

- Разрывная машина Р-5;
- Пресс УИМ-50.

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

Перед испытанием снимаются размеры образцов и фиксируется их вид. После этого образец устанавливается на испытательной машине и подвергается деформации сжатия до разрушения. Предельные нагрузки и характер разрушений отмечаются в журнале испытаний.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

В результате проведения испытания по силоизмерителю определяются значения $P_{пч}$ и вычисляются напряжения предела прочности для каждого материала:

$$\sigma_{пч} = P_{пч} / F_0.$$

Таблица 1.

Вид	Медь	Чугун	Дерево		Цементный кубик	
			Вдоль волокон	Поперек волокон	с трением	без трения
До						
После						

Таблица 2.

Наименование материала	Размеры образца	Площадь поперечного сечения	Разрушающая нагрузка $P_{пч}$	Предел прочности $\sigma_{пч}$
1 Медь (сталь)				
Свинец				
Чугун				
Дерево (вдоль волокон)				
(поперек волокон)				
Цемент (с трением)				
(без трения)				

На основе рекомендованной литературы необходимо изучить механическую природу процесса разрушения пластичных и хрупких, анизотропных и изотропных материалов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСТИННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Оценка сопротивляемости стали пластической деформации.
2. Построение диаграммы истинных напряжений.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

При проведении испытаний на растяжение напряжения, характеризующие прочность материала $\sigma_{пч}$, σ_T , $\sigma_{пч}$, σ_p вычислялись по отношению к первоначальной площади поперечного сечения, в то время как эта площадь за пределом пропорциональности довольно существенно уменьшается. Поэтому получаемая машинная диаграмма растяжений $P - \Delta l$ (или условная диаграмма напряжений $\sigma - \varepsilon$) при всем удобстве построения не характеризует ни действительного сопротивления материала разрыву, ни истинного его сопротивления пластической деформации.

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

Построение диаграммы истинных напряжений проводится для стального цилиндрического образца на разрывной машине Р-5. До начала эксперимента обмеряется образец, результаты замеров записываются

в журнал и определяется диапазон настройки испытательной машины:

$$d_0 = \quad l_0 = \quad P_{пч}^{ожид} = \sigma_{пч} * F_0 =$$

Для построения диаграммы истинных напряжений $\sigma_i^{ист} = P_i / F_i$ необходимо одновременно (при фиксированной нагрузке в данный момент) измерять диаметр образца в нескольких сечениях по длине рабочей части. По наименьшему значению диаметра d_i рассчитывается реальная площадь поперечного сечения F_i . До предела пропорциональности изменение площади сечения незначительно и при вычислении напряжений им можно пренебречь, т.е.

$$\sigma_{пч}^{ист} = \sigma_{пч} = P_{пч} / F_0^{ист}$$

Первые обмеры диаметра необходимо начать за пределом пропорциональности. Для этого останавливается процесс нагружения и быстро производится замер диаметра образца в 2-3 сечениях по длине рабочей части. Лучше иметь двух наблюдателей: один измеряет диаметр в верхней части образца, другой - в нижней части. С момента образования шейки (после достижения $P_{пч}$) обмеры переносятся в одно сечение, наиболее узкое. Всего надо сделать 4-6 замеров на участке от $P_{пч}$ до $P_{пч}$ и 2-3 замера на участке от $P_{пч}$ до P_r . Последний замер производится после разрыва образца в шейке ячейки, которая соответствует нагрузке разрыва P_r .

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

В процессе испытания ведется журнал, куда записываются значения нагрузок, при которых производится обмер диаметра. Результаты удобно представить в виде таблицы.

Таблица 1.

Нагрузка	Диаметр образца	Площадь сечения	Напряжения	
			условные	истинные

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомление с тензометрами, позволяющими определить деформацию с точностью 0,001 - 0,002 мм.
2. Изучение методики замера деформации с помощью рычажного тензометра РТ и индикаторного тензометра ИТ-1, замера перемещений с помощью индикатора часового типа.
3. Определение модуля упругости E для стального образца при растяжении.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

В работе для определения модуля упругости проводится испытание на растяжение стального образца круглого поперечного сечения, деформация продольных волокон которого замеряется

индикаторным тензометром ИТ-1 с базой $l_0=50\text{мм}$.

Модуль упругости E стального образца определяется по формуле:

$$E = \sigma / \varepsilon = \Delta P * l_0 / (F_0 * \Delta l_{\text{прод}})$$

где $\sigma = \Delta P / F_0$ - напряжение;

$\varepsilon = \Delta l_{\text{прод}} / l_0$ - относительное удлинение продольного волокна;

ΔP - приращение нагрузки на ступени нагружения;

F_0 - начальная площадь поперечного сечения;

$\Delta l_{\text{прод}}$ - абсолютное удлинение продольного волокна, первоначальной длины l_0 (равной базе тензометра ИТ-1).

Исходные данные образца заполняются в таблицу 1.

Таблица 1.

Диаметр образца	Площадь поперечного сечения	База тензометра	Цена деления тензометра
d (мм)	F_0 (мм ²)	l_0 (мм)	a (мм)

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

Перед началом испытаний на образце в рабочей ее части закрепляется тензометр ИТ-1. Устанавливаются: ΔP_i - ступени нагружения и P_{max} -наибольшая величина растягивающего усилия. Затем разрывная машина Р-5 настраивается на соответствующий диапазон. Образец фиксируется в захватах машины и снимается начальное показание по шкале тензометра. После этого образец ступенчато (с одинаковыми ступенями ΔP) нагружается.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

На каждой ступени снимаются показания « n_i » по шкале тензометра. В процессе растяжения образца необходимо следить за пропорциональностью нагрузки ΔP_i и приращениями показаний тензометра Δn_i .

Результаты испытаний заполняются в таблицу 2.

Таблица 2.

Нагрузка	Приращение нагрузки	Показания тензометра	Приращение делений	Абсолютное удлинение	Δl среднее
P_i	$\Delta P_i = P_i - P_{i-1}$	n_i	$\Delta n_i = n_i - n_{i-1}$	$\Delta l_i = a * \Delta n_i$	
$P_0 =$		$n_0 =$			
$P_1 =$	$\Delta P_1 =$	$n_1 =$	$\Delta n_1 =$	$\Delta l_1 =$	
...	

По результатам экспериментальных замеров находим:

$$\Delta l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta l_i}{k}, \text{ где } k - \text{ число ступеней нагружения.}$$

Далее по формуле

$$E = \frac{\Delta P * l_0}{F_0 * \Delta l_{cp}}$$

определяем модуль упругости стального образца.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ДЛЯ АЛЮМИНИЯ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Определение модуля упругости материала и коэффициента Пуассона с помощью тензодатчиков.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Работа выполняется на разрывной машине Р-5. Для определения упругих характеристик материала применяется плоский образец.

Деформации образца в продольном и поперечном направлениях измеряются с использованием тензодатчиков омического сопротивления. С методикой определения деформаций необходимо предварительно ознакомиться, используя пособие [1].

Коэффициентом Пуассона ν называется отношение величин относительной поперечной деформации к величине относительной продольной деформации, взятых по модулю.

$$\nu = | \varepsilon_{\text{попер}} | / | \varepsilon_{\text{прод}} |$$

Модуль упругости определяется по формуле:

$$E = \sigma / \varepsilon_{\text{прод}} = \Delta P / (F_0 * \varepsilon_{\text{прод}}),$$

где ΔP - приращение нагрузки на ступени напряжения;

F_0 - начальная площадь поперечного сечения.

Продольная и поперечная относительные деформации ($\varepsilon_{\text{прод}}$ и $\varepsilon_{\text{попер}}$) определяются по формуле :

$$\varepsilon = 2 * (A_i - A_{i-1}) * 10^{-5} / k,$$

здесь k - коэффициент тензочувствительности тензодатчика;

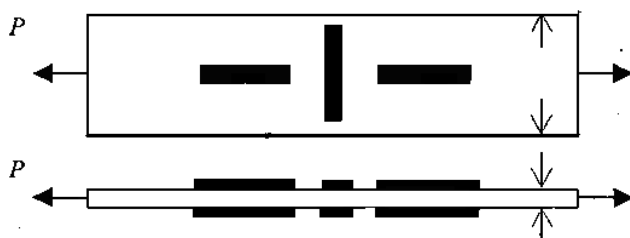
A_i и A_{i-1} - показания прибора ИДЦ-1 (соответствующие начальному и конечному значениям осевой силы на данной ступени нагружения).

Перед началом испытаний измеряются размеры образца, устанавливается начальная нагрузка P_0 для обжатия образца в захватах и определяется степень нагружения ΔP . В таблицу 1. заносятся исходные данные. Схема размещения тензодатчиков показана на рис.1. Чтобы исключить влияние эксцентриситета приложения нагрузки, для замера продольной и поперечной деформации применяются парные тензодатчики, наклеиваемые с обеих сторон образца (1-1', 2-2' и т. д.).

Таблица 1.

Размеры поперечного сечения	F_0 - площадь поперечного сечения	Коэффициент тензочувствительности
$a =$ $b =$	$F_0 = a * b =$	$k =$

Рисунок 1.



ПОСТАНОВКА ОПЫТА

После установки образца в захватах разрывной машины создается начальное растягивающее усилие P для обжатия образца в захватах, после чего снимаются начальные показания тензодатчиков. Затем производится нагружение образца одинаковыми ступенями. На каждой ступени нагружения записываются показания всех шести тензодатчиков. При этом осуществляется проверка пропорциональности нагрузки и деформаций, чтобы выполнялось условие:

$$\sigma_{\text{раб}}^{\text{max}} = (P_{\text{max}} / F_0) < \sigma_{\text{пл}},$$

где $\sigma_{\text{пл}}$ - предел пропорциональности материала.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

Результаты испытаний фиксируются в таблице 2. Продольная деформация определяется по показаниям 1-ой и 3-ей пары датчиков. Вторая пара датчиков служит для определения поперечной деформации. Для определения E необходимо использовать усредненную разность показаний $(A_i - A_{i-1})$

Таблица 2.

№ тензодатчика	P_0	P_1	P_2	P_3	ΔP	A_0	A_1	$A_1 - A_0$	A_2	$A_2 - A_1$	A_3	$A_3 - A_2$	$(A_i - A_{i-1})_{\text{ср}}$
1-1'													
2-2'													
3-3'													

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МАТЕРИАЛОВ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомление с методами определения твердости металлов.
2. Экспериментальное определение твердости образцов по Бринелю и Роквеллу.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Под твердостью в инженерной практике понимается способность материала сопротивляться воздействию на него тела, определенных размеров и формы, заведомо более твердого. Таким образом, понятие твердости связано с пластической деформацией на поверхности образца или изделия. Из всех механических видов испытаний металлов определение твердости получило самое широкое распространение в производственных условиях, т.к. данное испытание имеет ряд преимуществ перед другими видами:

во-первых при определении твердости образец (изделие) не разрушается;

во-вторых применимо в таких случаях, когда практически никакие другие способы механических испытаний нельзя использовать - определение качества реализации различных способов технологической обработки изделия, таких как: закалка, отжиг, цементация поверхностного слоя и др.;

в-третьих испытание простое по своему выполнению и приборы по определению твердости могут быть использованы непосредственно в производственных условиях;

в-четвертых позволяет определить твердость в структурных составляющих строения сплавов или в тонком поверхностном слое испытываемого изделия.

Из всего разнообразия способов определения твердости стандартизированы три метода, основанных на статическом вдавливании твердого наконечника (индентора).

1. Определение твердости по Бринеллю.
2. Определение твердости по Роквеллу.
3. Определение твердости по Виккерсу.

1. Определение твердости по Бринеллю.

При этом способе в поверхностный слой материала внедряется стальной закаленный шарик диаметром $D=2.5; 5.0; 10$ мм. Шарик выдерживается некоторое время под нагрузкой P , в результате чего на поверхности остается отпечаток (лунка) диаметром d .

Отношение нагрузки P в килограммах к площади поверхности отпечатка в квадратных миллиметрах называется числом твердости по Бринеллю:

$$H_B = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Таким образом, число твердости по Бринеллю $H_B(P, D, d)$ является функцией нагрузки P и диаметров D и d . Для получения сравнимых результатов испытания требуется соблюдение закона подобия:

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2} = const$$

Для правильного назначения времени выдержки образца под нагрузкой, величины нагрузки и диаметра шарика для данного материала, следует пользоваться таблицами государственного стандарта.

Обозначения числа твердости часто сопровождается индексами, указывающими условия, при

которых определялась твердость. Например, $H_{10/3000/30}$ - число твердости по Бриннелю (полученное вдавливанием шарика диаметром $D=10$ мм., при этом прикладывалась нагрузка $P=3000$ кг. с выдержкой в 30 сек.).

Диаметр отпечатка d всегда измеряют по двум взаимно-перпендикулярным направлениям (из этих измерений берется среднее). Измерения производят с помощью специального микроскопа.

2. Определение твердости по Роквеллу.

Для определения твердости изделий из закаленной стали применяют инденторы, изготовленные из алмаза. По Роквеллу индентором является алмазный конус с углом при вершине в 120° и стальной шарик с диаметром в 1/16 дюйма.

Твердость по Роквеллу измеряется следующим образом: алмазный наконечник приводится в соприкосновение с поверхностью образца и загружается начальной нагрузкой $P_0=10$ кг., под действием которой индентор погружается на глубину h_0 . Далее индентор нагружают нагрузкой P , состоящей из начальной P_0 и основной P_d т.е. $P = P_0 + P_d$. Глубина отпечатка увеличивается и после снятия нагрузки замеряют глубину отпечатка h_1 . Глубина отпечатка, полученная за счет основной нагрузки P_d и равная $h = (h_1 - h_0)$, характеризует твердость по Роквеллу. Чем больше глубина h отпечатка, тем меньше твердость. Число твердости по Роквеллу связано с глубиной h следующей зависимостью:

для алмазного конуса $H_{RC} = 100 - h / 0.002$

для стального шарика $H_{RB} = 130 - h / 0.002$

Глубину отпечатка измеряют индикатором, на котором две шкалы «В» и «С» чисел твердости по Роквеллу с одинаковой ценой деления, соответствующий глубине отпечатка в 0,002 мм. (см. таб. 1).

Таблица 1.

Твердость по Бринеллю H_B в кг/мм ²	Обозначение шкал	Вид Наконечника	Общая Нагрузка	Обозначение твердости	Допустимые Пределы шкалы
60-230	В	Стальной шарик	100	H_{RB}	25-100
230-700	С	Алмазный конус	150	H_{RC}	20-67
Свыше 700	А	Алмазный конус	60	H_{RA}	Свыше 70

Таким образом, числом твердости по Роквеллу является условная отвлеченная величина, зависящая от глубины отпечатка, образованного различными наконечниками при разной нагрузке (см. таб.1).

3. Определение твердости по Виккерсу.

При этом способе определения твердости индентором является алмазная пирамида с квадратным основанием и углом $\alpha=136^\circ$ между противоположными гранями.

За твердость по Виккерсу принимается величина напряжения, равная отношению нагрузки P в килограммах к площади поверхности F в квадратных миллиметрах пирамидального отпечатка:

$$H_D = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1.8544 \frac{P}{d^2}$$

где d - среднее арифметическое значение из длин двух диагоналей отпечатка, измеренных после снятия нагрузки.

При этом способе измерения твердости все отпечатки для любых нагрузок получаются подобными

и для всех нагрузок числа твердости для одного материала получаются одинаковыми. ГОСТ рекомендует для испытаний одно из следующих значений нагрузок: 5, 10, 20, 30, 50, 100 и 120 кг. При испытаниях надо следить, чтобы толщина образца была больше десятикратной глубины h отпечатка или больше $1.5d$. Данный метод определения твердости позволяет измерить твердость H_D тонких образцов и тонкого поверхностного слоя.

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

После знакомства с методами определения твердости по данному руководству, используя [1], определяют твердости H_B , H_R и H_D на металлических образцах, предварительно изучив государственный стандарт на определение твердости металлов.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

Результаты испытаний заносятся в таблицу 2. Для сопоставления полученных величин твердости находят средние арифметические значения для разных методов, и полученные результаты приводят к числу твердости по Бриннелю.

Таблица 2.

№ по порядку	По Бриннелю	По Роквеллу	По Виккерсу
1			
2			
3			
Среднее значение			
Приведенное к H_B			

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИСПЫТАНИЕ ОБРАЗЦОВ НА КРУЧЕНИЕ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Сравнительное изучение процесса кручения пластичных, хрупких, изотропных и анизотропных материалов.
2. Получение для ряда образцов диаграммы кручения.
3. Определение пределов прочности на кручение.
4. Установление характера разрушения образцов при кручении.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Размеры образца:

	Сталь	Чугун	Дерево
диаметр	$d_0=$	$d_0=$	$d_0=$
рабочая длина	$l_0=$	$l_0=$	$l_0=$
площадь сечения	$F_0=$	$F_0=$	$F_0=$

Для определения диапазона настройки испытательной машины нужно установить для каждого

материала крутящий момент, при котором достигается предел пропорциональности

$$M_{nc}^{ожид} = \tau_{nc} W_p$$

где W_p - полярный момент сопротивления сечения кручению;

τ_{nc} - предел пропорциональности при чистом сдвиге.

ПОСТАНОВКА ОПЫТА

Образец устанавливается в захватах испытательной машины К-50. Перед испытанием снимают размеры образцов. Для предварительного обжатия концов стержня в захватах дается небольшая начальная нагрузка. Затем, фиксируя углы закручивания и соответствующие им крутящие моменты, образцы доводятся до разрушения. Определяют предельные нагрузки и характер разрушений образцов.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

В результате проведения испытания на кручение получаем машинную диаграмму кручения в осях $M - \varphi$, определяем значение M_{nc} и вычисляем:

$$\tau_{nc} = M_{nc} / F_0 \text{ для каждого материала.}$$

Таблица 1.

	Сталь	Чугун	Дерево
Вид образца после разрушения			

Таблица 2.

Наименование материала	Размеры образца	Площадь поперечного сечения	Разрушающий момент M_{nc}	Предельное Напряжение τ_{nc}
Сталь				
Чугун				
Дерево				

Используя рекомендованную литературу, необходимо изучить механическую природу процесса разрушения пластичных и хрупких, анизотропных и изотропных материалов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛА НА СРЕЗ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение характера деформации металла при срезе.
2. Определение предела прочности металлического образца на срез.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Испытание проводится на машине Р-5 с использованием специального приспособления, обеспечивающего срез образца по двум сечениям. Измерения проводятся штангенциркулем.

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Образец круглого поперечного сечения устанавливается на специальном приспособлении, которое закрепляется в захватах испытательной машины Р-5. В процессе нагружения образец подвергается срезу по двум плоскостям. Образец доводится до разрушения. При этом фиксируются показания силоизмерительного устройства испытательной машины. Максимальное значение приложенного усилия принимается за разрушающую нагрузку. Важно зафиксировать по силоизмерительному устройству момент падения максимальной нагрузки перед разрушением.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

После проведения эксперимента, образец тщательно осматривается для установления следов деформации смятия и среза. В журнал наблюдения зарисовывается сечение среза образца. По результатам эксперимента определяется временное сопротивление материала при срезе по формуле:

$$\tau_{\sigma} = P_{\max} / F$$

где $F = 2\pi R^2$ – удвоенная площадь сечения (т. к. срез происходит по двум плоскостям).

Временное сопротивление при срезе τ_{σ} сравнивается с временным сопротивлением при растяжении σ_{σ} . Отношение $\tau_{\sigma} / \sigma_{\sigma}$ обычно лежит в пределах от 0.6 до 0.8.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ПРОГИБОВ БАЛКИ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Экспериментальное определение нормальных напряжений и прогиба в заданном сечении при плоском изгибе шарнирно-опертой балки.
2. Сравнение экспериментальных и теоретических значений.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Работа выполняется на машине УИМ-50 гидравлического типа.
2. Схема нагружения испытываемой балки показана на рис.1.

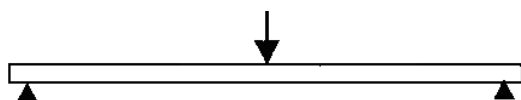


Рисунок 1.

3. Необходимые данные для балки:

Швеллер № = ;
высота h = ;
ширина полки b = ;
момент инерции J_z = ;
длина пролета l = ;
расстояния a = ;
модуль продольной упругости стали E = .

В сечении устанавливается тензометр рычажного типа ТР с известными базой и коэффициентом увеличения. С помощью рычажного тензометра измеряется величина деформации продольного волокна в заданном сечении. Нормальные напряжения определяем по закону Гука:

$$\varepsilon = E \cdot \sigma$$

Прогиб балки в заданном сечении при изгибе определяется с помощью индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Полученные значения напряжений и прогиба сравниваем с расчетными значениями для заданной ступени нагружения.

Нормальные напряжения в поперечном сечении балки при плоском изгибе определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M_z \cdot y}{J_z}$$

где M_z - изгибающий момент в заданном сечении по длине балки,

J_z - осевой момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной линии,

y - расстояние от нейтральной линии до продольного волокна, в котором определяются напряжения.

Теоретическое значение прогиба балки определяем с помощью универсального уравнения упругой линии балки или метода начальных параметров для заданных условий нагружения.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ.

Перед началом испытаний необходимо установить: величину начальной предварительной нагрузки обжатия изгибаемой балки, количество ступеней нагружения, величину нагрузки на ступени нагружения. Для этого определяем максимально допустимое значение изгибающей силы, исходя из расчета на прочность изгибаемой балки по допускаемым напряжениям:

В начале опыта балка нагружается начальной нагрузкой, после чего снимаются показания на рычажном тензометре ТР и индикаторе. Затем нагрузка увеличивается равными ступенями и на каждой ступени нагружения берется отсчет по тензометру и индикатору перемещений. По результатам замеров определяется среднее значение деформации в области закрепления тензометра и прогиб балки в заданном сечении.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИСПЫТАНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучение явления потери устойчивости сжатых стержней.
2. Проверка формул Эйлера и Ясинского для определения критических нагрузок.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Испытание проводится на машине Р-5 с применением специального приспособления, обеспечивающего требуемые условия закрепления концов стержня. Для измерения линейных размеров образца используется штангенциркуль. Испытываются стальные образцы круглого и прямоугольного сечений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для проведения эксперимента в захватах машины Р-5 закрепляется специальное приспособление с испытываемым образцом, после чего к нему прикладывается нагрузка. Сжимающее усилие доводится до критического значения, при котором стержень теряет устойчивость. Визуально фиксируется форма потери устойчивости.

При увеличении нагрузки деформация стержня быстро нарастает и максимальные напряжения достигают предела текучести. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к появлению необратимых пластических деформаций. В этом случае после разгрузки прямолинейная форма стержня не восстанавливается. Определив критическое значение силы, находим критическое значение напряжения по формуле:

$$\sigma_{кр} = P_{кр} / F$$

Полученное значение сравнивается с пределом пропорциональности $\sigma_{пр}$.

Для определения теоретического значения критической нагрузки в области упругих деформаций используется формула Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ_{\min}}{(\mu l)^2}$$

где μ - коэффициент приведения длины, величина которого зависит от условий закрепления стержня.

В области пластических деформаций критическое напряжение определяется по эмпирической формуле Ясинского:

$$\sigma_{кр} = \alpha - \beta * \lambda$$

где α и β – табличные коэффициенты. Гибкость λ имеет вид:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i}$$

Сопоставление полученных теоретических и экспериментальных данных позволяет сделать заключение о справедливости гипотез, лежащих в основе формул Эйлера и Ясинского

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А. и др. Расчет на прочность деталей машин. Справочник. Москва: Машиностроение, 1979. 702 с.
2. Дайчик М.Л. и др. Методы и средства натурной тензометрии. Москва: Машиностроение, 1989. 240 с.